

УДК 669.15-194.3

А. А. Куклина^{*}, Ю. В. Юдин, А. С. Юровских, М. В. Майсурадзе

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

^{*}*kuklina.aleksandra@rambler.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук Ю. В. Юдин

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОГО АУСТЕНИТА СТАЛЕЙ 25Г2С2Н2МА И 50ХМФА С БЕЙНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Исследованы промышленные стали 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА после обработки в изотермических условиях в бейнитной области, методом рентгеноструктурного анализа определен параметр решетки остаточного аустенита и его количество. Установлено, что в стали 25Г2С2Н2МА после изотермической выдержки более 300 секунд при 400 °С процесс карбидообразования существенно уменьшает параметр решетки аустенита. Для исследуемых сталей выявлена линейная зависимость концентрации углерода в остаточном аустените от доли бейнитного превращения.

Ключевые слова: сталь, 25Г2С2Н2МА, 50ХМФА, параметр решетки аустенита, концентрация углерода, бейнитное превращение.

A. A. Kuklina, Y. V. Yudin, A. S. Yurovsky, M. V. Maysuradze

X-RAY ANALYSIS OF RESIDUAL AUSTENITE IN STEELS 25G2S2N2MA AND 50KHMFA WITH BAINITE MICROSTRUCTURE

The lattice parameter and the amount of residual austenite in the industrial steels 25G2S2N2MA and 50KhMFA after isothermal treatment in the bainite region are determined by the X-Ray diffraction. The carbide formation process is observed in the steel 25G2S2N2MA during the isothermal aging at 400 °C for 300 sec. For the studied steels a linear dependence of the carbon concentration in the residual austenite on the bainite fraction is obtained.

Keywords: steel, 25G2S2N2MA, 50KhMFA, austenite lattice parameter, carbon concentration, bainite transformation.

Исследованы промышленные стали 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА, методом рентгеноструктурного анализа, с помощью которого определен параметр решетки и количество остаточного аустенита, химический состав сталей представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сталей 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	P	S	V
25Г2С2Н2МА	0,24	1,42	1,35	0,31	1,71	0,4	0,16	0,028	0,008	0,004	–
50ХМФА	0,5	0,25	0,8	1,0	0,45	0,9	–	–	0,010	0,015	0,12

Образцы стали 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА аустенитизировали 45 мин при температуре 925 °С. Далее образцы выдерживали в течение 120...1500 с. в изотермических условиях при 400, 360 °С.

Параметр решетки аустенита от времени изотермической выдержки при температуре 400 °С стали 25Г2С2Н2МА меняется от 3,6072 Å до 3,6089 Å в интервале времени 120...315 с, при времени выдержки 470 с параметр решетки уменьшается до 3,6058 Å, что связано, вероятно, с выделением карбидов (рис. 1) [1]. Для стали 50ХМФА параметр решетки аустенита от времени изотермической выдержки при температуре 360 °С изменяется существенно меньше, в пределах 3,598...3,609 Å (рис. 2).

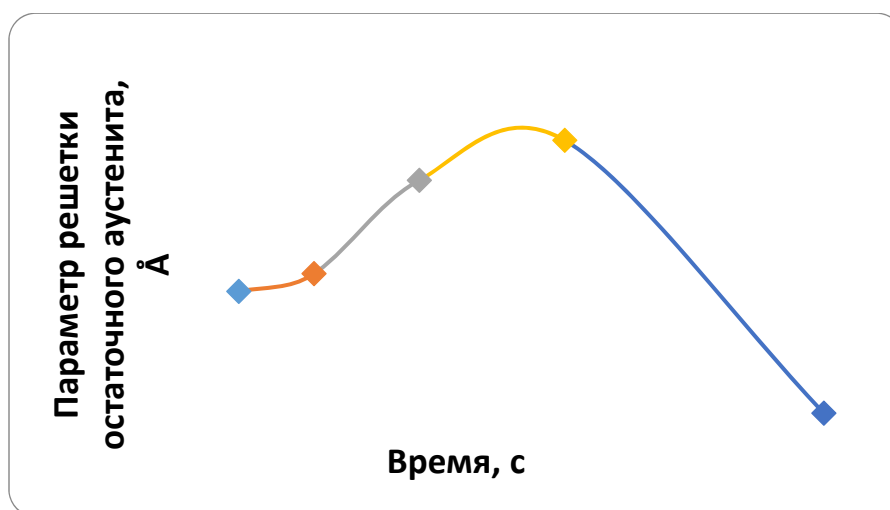


Рис. 1. Изменение параметра решетки остаточного аустенита от времени изотермической выдержки при температуре 400 °С, сталь 25Г2С2Н2МА

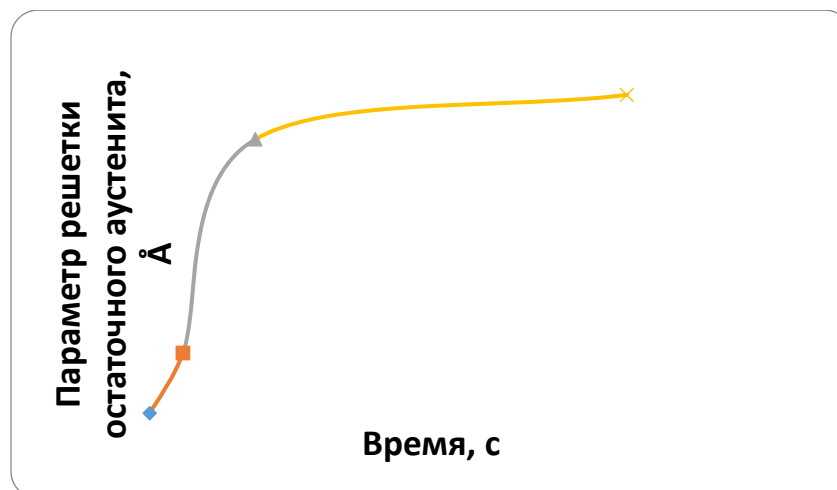


Рис. 2. Изменение параметра решетки остаточного аустенита от времени изотермической выдержки при температуре 360 °С, сталь 50ХМФА

Концентрация углерода в остаточном аустените рассчитана по уравнению [2]:

$$C_{\gamma} = (a_{\gamma} - 3,578) / 0,033 \quad (1)$$

где: a_{γ} – параметр решетки аустенита (Å); C_{γ} – концентрация углерода в остаточном аустените (масс. %).

Концентрация углерода в остаточном аустените стали 25Г2С2Н2МА изменяется с экстремумом, максимальная концентрация углерода достигается спустя 300 с после начала изотермической выдержки. При дальнейшей выдержке концентрация углерода в остаточном аустените существенно уменьшается вследствие карбидообразования (рис. 3).

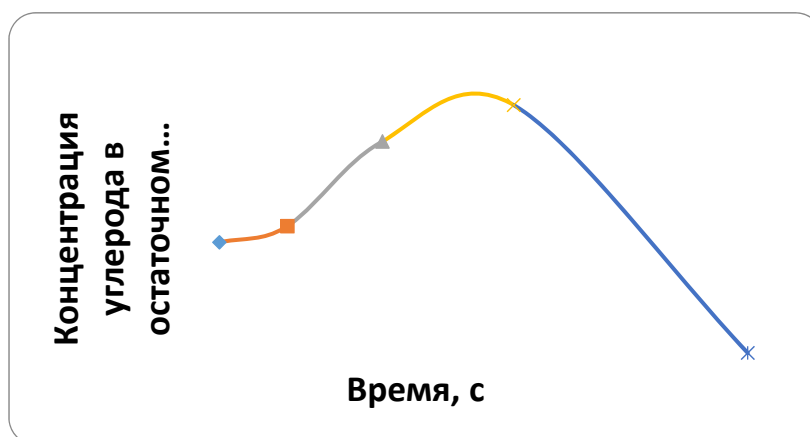


Рис. 3. Изменение концентрации углерода от времени изотермической выдержки, сталь 25Г2С2Н2МА

На рис. 4 показано изменение концентрации углерода от времени изотермической выдержки для стали 50ХМФА. В течение первых 500 секунд выдержки концентрация углерода резко возрастает с 0,60 до 0,92

масс %, при увеличении времени выдержки до 1500 секунд, концентрация углерода в остаточном аустените повышается до 0,97 масс %.

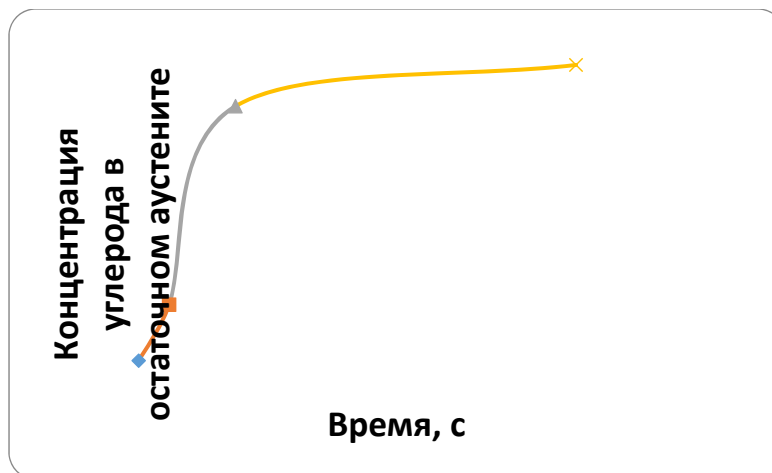


Рис. 4. Изменение концентрации углерода от времени изотермической выдержки, сталь 50ХМФА, температура изотермической выдержки 360 °С

Зависимость концентрации углерода в остаточном аустените от доли бейнитного превращения в изотермических условиях при 400 °С и 360 °С для сталей 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА, соответственно, показана на рис. 5 и 6. Высокий коэффициент детерминации R^2 (0,93...0,99) указывает на линейность полученных зависимостей. Положительная корреляция свидетельствует о ведущей роли перераспределения углерода в кинетике изотермического бейнитного превращения [1].

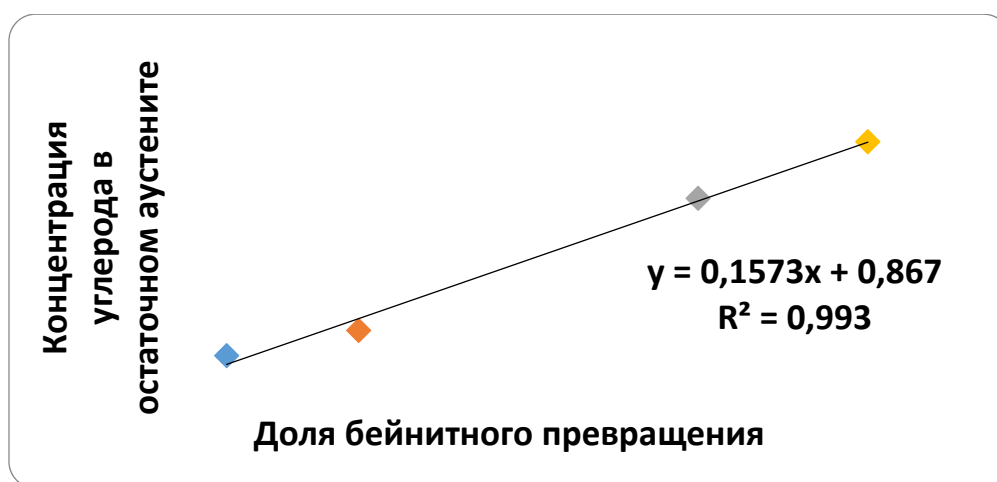


Рис. 5. Зависимость концентрации углерода в остаточном аустените от доли бейнитного превращения при изотермической выдержки 400 °С, сталь 25Г2С2Н2МА

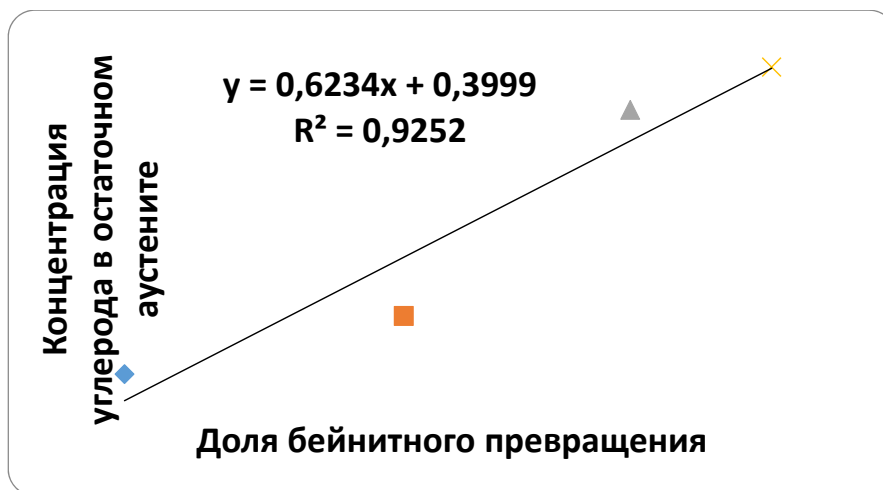


Рис. 6. Зависимость концентрации углерода в остаточном аустените от доли бейнитного превращения при изотермической выдержке 360 °С, сталь 50ХМФА

Методом рентгеноструктурного анализа определен параметр кристаллической решетки и количество остаточного аустенита для сталей 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА в процессе изотермического бейнитного превращения. Установлено, что в стали 25Г2С2Н2МА после изотермической выдержки при 400 °С более 300 секунд начинается процесс карбидообразования. Выявлена линейная зависимость концентрации углерода в остаточном аустените от доли бейнитного превращения при изотермической выдержке 400 °С и 360 °С для сталей 25Г2С2Н2МА и 50ХМФА, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдюмов Г. В. Превращения в железе и стали / Г. В. Курдюмов, Л. М. Утевский. Москва : Энтин Наука, 1977. 236 с.
2. Grajcar A. Microstructural study on retained austenite in advanced high-strength multiphase 3Mn-1.5Al and 5Mn-1.5Al steels / A. Grajcar, W. Kwaśny // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2012. Vol. 54. № 2. P. 168–177.